

中等专业学校教材

# 水文水利计算

(第二版)

江苏省扬州水利学校 郑濯清

水利电力出版社

中等专业学校教材

---

# 水文水利计算

(第二版)

江苏省扬州水利学校 郑濯清

水利电力出版社

## 内 容 提 要

本书为中等专业学校水利水电类全国通用教材。书中介绍水文分析计算和中小型水利工程水利计算的基本原理和主要计算方法。全书包括设计年径流的计算、设计洪水的推求、可能最大暴雨和可能最大洪水的估算、泥沙计算、排涝水文计算、潮水位分析计算、人类活动对径流影响的估算、灌溉水库兴利调节计算、小型水电站的水能计算、水库防洪计算和水库调度等内容。

本书除作为陆地水文专业的通用教材外，亦可供其它水利专业师生和水利工程技术人员参考。

中等专业学校教材

水文水利计算

(第二版)

江苏省扬州水利学校 郑濯清

\*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

\*

787×1092毫米 16开本 19.125印张 433千字

1979年11月第一版

1985年6月第二版 1985年6月北京第三次印刷

印数11181—22290册 定价3.35元

书号 15143·5669

## 前 言

本书根据1982年水利电力部制订的中等专业学校水利水电类专业第二轮（1983~1987年）教材编写规划中提出的任务进行修订。修订工作是在第一轮教材的基础上，按照1981年全国有关水利水电学校讨论决定的《水文水利计算》教学大纲的基本要求，以及各校通过近年来教学实践对原教材提出的修改意见进行的。

修订后的教材除增加了水库调度一章新内容外，还对原书各章节作了广泛的修改。在修订过程中，力求做到突出重点，分清层次，贯彻理论与实际相结合的原则，既重视更新内容，反映现代科学技术的新成就，又结合我国国情，使教材内容与水利事业的发展相适应，并着重阐明本课程的基本理论、基本概念和基本技能，使学生通过学习，能掌握水文分析计算和中小型水利工程水利计算的基本原理和主要计算方法。由于本书为全国通用教材，所以章节内容较多，在授课时，各校可根据本地区的具体情况进行取舍。

本书由江苏省扬州水利学校郑濯清、杨诚芳二同志修订，郑濯清同志主编，江西省水利水电学校周忠一同志主审。

恳切希望读者对本书存在的缺点和错误提出批评意见。

编 者

1984年2月

# 目 录

## 前 言

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 第一章 绪论 .....                  | 1   |
| 第一节 水文水利计算的任务 .....           | 1   |
| 第二节 水文水利计算的内容 .....           | 2   |
| 第三节 水文水利计算的研究方法 .....         | 2   |
| 第二章 设计年径流计算 .....             | 5   |
| 第一节 水资源估算与评价简介 .....          | 5   |
| 第二节 年径流分析计算的任务 .....          | 9   |
| 第三节 有长期实测径流资料时设计年径流量的计算 ..... | 11  |
| 第四节 有短期实测径流资料时设计年径流量的计算 ..... | 24  |
| 第五节 缺乏实测径流资料时设计年径流量的计算 .....  | 29  |
| 第六节 设计年径流量的年内分配 .....         | 33  |
| 第七节 枯水径流计算 .....              | 40  |
| 第三章 由流量资料推求设计洪水 .....         | 42  |
| 第一节 概述 .....                  | 42  |
| 第二节 洪峰流量与洪量的频率计算 .....        | 46  |
| 第三节 设计洪水过程线的推求 .....          | 64  |
| 第四节 有关设计洪水的几个问题 .....         | 70  |
| 第四章 由暴雨资料推求设计洪水 .....         | 73  |
| 第一节 概述 .....                  | 73  |
| 第二节 设计暴雨量的推求 .....            | 73  |
| 第三节 设计暴雨的时程分配和地区分布 .....      | 94  |
| 第四节 设计净雨的推求 .....             | 97  |
| 第五节 设计洪水过程线的推求 .....          | 101 |
| 第五章 缺乏资料时设计洪水的推求 .....        | 107 |
| 第一节 概述 .....                  | 107 |
| 第二节 经验公式法 .....               | 108 |
| 第三节 综合单位线法 .....              | 110 |
| 第四节 推理公式法 .....               | 116 |
| 第五节 调查洪水法 .....               | 139 |
| 第六章 可能最大暴雨和可能最大洪水的估算 .....    | 141 |
| 第一节 概述 .....                  | 141 |
| 第二节 降水量近似公式和暴雨放大原理 .....      | 142 |
| 第三节 当地暴雨法 .....               | 144 |
| 第四节 移置暴雨法 .....               | 148 |

|             |                           |            |
|-------------|---------------------------|------------|
| 第五节         | 可能最大暴雨等值线图的应用 .....       | 151        |
| 第六节         | 可能最大洪水的推求 .....           | 154        |
| <b>第七章</b>  | <b>泥沙计算 .....</b>         | <b>155</b> |
| 第一节         | 概述 .....                  | 155        |
| 第二节         | 多年平均年输沙量的计算 .....         | 156        |
| 第三节         | 输沙量的年际变化和年内分配 .....       | 159        |
| <b>第八章</b>  | <b>排涝水文计算 .....</b>       | <b>162</b> |
| 第一节         | 概述 .....                  | 162        |
| 第二节         | 平原地区排涝水文计算 .....          | 163        |
| 第三节         | 圩区排涝水文计算 .....            | 167        |
| <b>第九章</b>  | <b>潮水位分析计算 .....</b>      | <b>173</b> |
| 第一节         | 概述 .....                  | 173        |
| 第二节         | 设计最高潮水位和设计最低潮水位计算 .....   | 174        |
| 第三节         | 排涝设计潮水位和潮型计算 .....        | 177        |
| 第四节         | 灌溉设计潮水位和潮型计算 .....        | 179        |
| <b>第十章</b>  | <b>人类活动对径流影响的估算 .....</b> | <b>181</b> |
| 第一节         | 概述 .....                  | 181        |
| 第二节         | 人类活动对年径流影响的估算 .....       | 184        |
| 第三节         | 人类活动对洪水影响的估算 .....        | 189        |
| 第四节         | 人类活动对泥沙影响的估算 .....        | 190        |
| <b>第十一章</b> | <b>灌溉水库兴利调节计算 .....</b>   | <b>192</b> |
| 第一节         | 概述 .....                  | 192        |
| 第二节         | 灌溉设计保证率 .....             | 194        |
| 第三节         | 水库特性曲线和特征水位 .....         | 195        |
| 第四节         | 灌溉用水量计算 .....             | 197        |
| 第五节         | 水库水量损失计算 .....            | 199        |
| 第六节         | 水库死水位的确定 .....            | 201        |
| 第七节         | 年调节水库兴利调节计算 .....         | 203        |
| 第八节         | 多年调节水库兴利调节计算 .....        | 216        |
| <b>第十二章</b> | <b>小型水电站的水能计算 .....</b>   | <b>226</b> |
| 第一节         | 概述 .....                  | 226        |
| 第二节         | 电力系统的负荷和容量组成 .....        | 230        |
| 第三节         | 无调节水电站的水能计算 .....         | 233        |
| 第四节         | 日调节水电站的水能计算 .....         | 241        |
| 第五节         | 年调节水电站的水能计算 .....         | 244        |
| 第六节         | 灌溉结合发电水库水电站的水能计算 .....    | 252        |
| <b>第十三章</b> | <b>水库防洪计算 .....</b>       | <b>258</b> |
| 第一节         | 概述 .....                  | 258        |
| 第二节         | 水库调洪计算的基本原理和方法 .....      | 260        |
| 第三节         | 溢洪道不设闸门时水库的防洪计算 .....     | 267        |

|      |  |     |
|------|--|-----|
| 第四节  | 溢洪道设闸门时水库的防洪计算 .....                                     | 268 |
| 第五节  | 水库防洪计算中的几个问题 .....                                       | 275 |
| 第十四章 | 水库调度图绘制简介 .....  | 278 |
| 第一节  | 水库调度的意义 .....  | 278 |
| 第二节  | 水库调度图 .....  | 278 |
| 第三节  | 防破坏线和限制供水线的绘制 .....                                      | 280 |
| 第四节  | 防洪调度线的绘制 .....   | 283 |
| 第五节  | 防弃水线的绘制 .....  | 290 |
| 附表   | .....  | 291 |
| 附表 1 | 皮尔逊III型曲线的离均系数 $\phi_p$ 值表 .....                         | 291 |
| 附表 2 | 皮尔逊III型曲线的模比系数 $K_p$ 值表 .....                            | 293 |
| 附表 3 | 三点法用表—— $S$ 与 $C_s$ 关系表 .....                            | 295 |
| 附表 4 | 三点法用表—— $C_s$ 与有关 $\phi$ 值的关系表 .....                     | 296 |
| 附表 5 | 1000 毫巴地面到指定压力间饱和湿绝热大气中的可降水与1000毫巴露点关系表 .....            | 297 |
| 附表 6 | 1000毫巴地面到指定高度(高出地面米数)间饱和湿绝热大气中的可降水与1000<br>毫巴露点关系表 ..... | 299 |

# 第一章 绪 论

## 第一节 水文水利计算的任务

在国民经济建设中，有的工程是利用水来为人类服务的，如灌溉、发电、航运、城市和工业供水等工程。有的工程是用来防洪除涝、消除水害的，如防洪和排涝等工程。此外，还有一些工程建设是要与河流打交道的，如铁路、公路跨越河流山溪的桥涵工程，江河两岸城市、厂矿建设的防洪护岸工程等。要使这些工程建造得既经济又安全，就必须充分了解水流的变化情况，掌握水情的变化规律。例如在河流上修建水库，如果对上流的来水量估算偏大，据以设计的水库容积就不易蓄满，使工程不能发挥预期的效益，因而造成浪费；如果对上流的来水量估算偏小，则会使设计的水库容量不够，以致天然水利资源得不到充分利用。特别是当洪水量估计偏低时，还会有被洪水冲垮给下游人民带来灾害的危险。水文计算的任务就是研究自然界水文现象发展变化规律，阐明水文特征值的时空变化规律，编制地区性经验公式、水文图集和进行站网规划，并在此基础上，正确估计水文情势的特征，预测它们将来可能发生的变化情况，从而为水资源评价与合理开发利用，为水利工程和其它国民经济建设提供必要的水文数据。

水利工程从修建到运用，一般要经过规划设计、施工和管理运用三个阶段。每一阶段都需要掌握水文情势的变化。规划设计阶段，水文计算主要是研究工程所在河流未来长时期内的水文情势，提出工程规划设计依据的水文特征数值，如设计年径流、设计洪水、设计排涝流量等。施工阶段，需要水文计算估算出整个施工期间的来水情况，以确定一些临时性建筑物的规模和安排好施工计划。管理运用阶段，则需要水文计算预估未来一定时期内的来水情况，以便编制合理的调度方案，充分发挥已成水利设施的作用。必要时，在工程运用期间，还必须复核和修正设计阶段的水文计算成果，对工程进行安全补强，挖潜改造。

水利计算的任务是在水文分析计算的基础上，综合研究水文情势和国民经济各部门的要求，对水利资源进行除害兴利的综合利用计算，合理确定工程的规模、效益和控制调度计划，以达到改造自然，开发水利资源的目的。

水利资源是国民经济建设中的一种重要自然资源。要开发利用水利资源，就必须兴建一些水利水电工程来调节天然径流（包括水量、水质和水的程高）。为此，首先必须对河流的水文情况、用水部门的要求和调节方式等进行分析，然后通过水利计算，确定工程的规模尺寸，以及建筑物和设备的运用程序和操作规程。

由上可知，从制定河流开发的初步方案一直到水工建筑物建成后的管理运用，都离不开水文水利计算。水文计算找出河流的自然规律，预估未来的水文情势；水利计算则运用这些规律控制调节和重新分配河川径流，确定工程规模和工程效益，达到改造自然，除害



兴利，为社会主义建设服务的目的。

## 第二节 水文水利计算的内容

水利工程规划设计中必须解决的水文水利计算方面的问题，因每一具体工程的开发目标不同而有不同的要求。

有不少水利工程建设，为了进行建筑物的设计并确定其尺寸，需要知道工程所在河流断面处多年平均流量的大小，因为它反映了这条河流多年期间可供利用的水量。由于河流任一断面各年的年径流量都不相同，许多工程项目还需要了解年径流量在年与年之间的变化（年际变化）规律。河川径流在一年之内也有着明显的变化过程，具体表现为河流洪枯水交替的现象，所以还必须研究河川径流的年内变化规律。此外，许多用水部门如灌溉、发电、航运、供水等，都需要知道枯水期的水量大小和历时长短。在洪水期间，河道水量可能超过安全泄量，泛滥成灾，因此，需要研究洪水期的洪峰水位、洪峰流量和洪水总量的大小，以及洪水的变化过程和历时长短。在平原地区，为了排除涝水，需要计算排涝流量。沿海沿江地区，河流受潮汐影响，需要分析潮水位的特性，为防洪排涝、引水灌溉和航运、发电等工程规划设计提供依据。在多沙河流上修建工程后，泥沙淤积可能影响水利设施的运用和效益，为此，需要进行河流沙量的计算。在河流上修建水利工程和在流域上进行农林措施以后，对河川径流形成过程会产生一定的影响，因此，为了保证实测径流系列的一致性，并预估今后河川径流情势的可能变化，必须估算改造自然的农林水利措施等人类活动对径流的影响。以上这些要求，都需要通过水文计算来解决。

在河流上修建水库调节径流，可以降低水库下游的汛期洪水流量，减除灾害，又可以提高枯水期的流量，用于兴利。通过有计划的蓄泄，还可以满足多方面的综合利用。水利计算的主要内容就是阐明有关水库径流调节的基本原理和计算方法。通过兴利调节计算，可以确定水库的兴利库容。通过洪水调节计算，可以确定水库的调洪库容，从而确定坝高和溢洪道的断面尺寸。通过水能计算，可以确定水电站的装机容量和发电量。水库参数选定后，根据各部门用水要求和以往的水文资料，通过水利计算，可绘制出水库调度图，并最终核定各项效益指标。

综上所述，可知根据一般中小型水利工程规划设计的要求，水文计算的主要内容包括设计年径流的计算，设计洪水的推求，排涝水文计算，潮水位分析计算，河流沙量计算和人类活动对径流影响的估算等；水利计算的主要内容包括水库兴利调节计算，水库洪水调节计算，水电站的水能计算和水库调度等。至于其它如堤防工程、分洪工程、河道整治工程等，水文水利计算工作的内容，将包括某些专门性问题的分析和计算。

## 第三节 水文水利计算的研究方法

自然界的水文现象极为复杂。但从它的变化规律来看，存在着周期性、随机性和相似性等几个特性。

周期性是指水文现象具有周期循环变化的性质。水文循环受日地运行规律所制约，因此，水文现象总是有以年为单位的周期性变化。例如，河流每年都有汛期和枯期，这是由于四季降水有周期性变化所造成。此外，在冰雪水源的河流上，由于气温的日变化，水文现象具有日周期的变化。与气候变迁相似，在某些长期观测的水文系列中，还可发现水文现象具有某种多年变化的周期性。

随机性是指水文现象不会完全重复出现的性质（不重复性）。例如，任一河流不同年份的流量过程不会完全一致。这是因为影响流量的因素很多，各因素本身在时间上、空间上不断发生变化，所以受其影响的流量也处于不断变化之中，使它在时程上和数量上的变化过程存在不重复的特性。因此，在实用上，所有水文特征值的大小及其出现机会，都可以近似地认为是随机的。

相似性是指在一定条件下，水文现象具有某种相似的性质。每条河流的水文现象都有各自的特殊性，但在气候与地理条件相似的地区，各河的水文现象在一定程度上会具有相似性。如湿润地区的河流，径流的年内分配较为均匀；而干旱地区的河流，径流的年内分配就很不均匀。

水文现象在时程变化上的周期性与随机性，在空间变化上的特殊性与相似性，是辩证统一的客观规律性。根据这些特性，现阶段水文计算的研究方法大致可分为如下三类。

### 1. 数理统计法

水文计算的任务主要是预估未来的水文情势。但影响未来水文情势的因素极为复杂，使水文现象具有不重复的随机特性，因而可用数理统计方法来分析水文现象的统计规律，并作出概率预估，提供工程规划设计所需的水文数据。例如河流某一断面处的年最大洪水量每年不同，但可应用数理统计方法推求出规划设计所需的某一防洪标准的最大洪水量。近代水文学中的随机水文学，则是数理统计方法应用于水文计算的发展。

### 2. 成因分析法

任一水文现象的发生是许多因素综合影响的结果，亦即这些影响因素与水文现象之间存在着内在的因果联系。通过对实测资料的研究分析，可以建立水文现象与其影响因素之间的数学物理方程或模式。这样，就可以根据影响因素的状况预测未来的水文现象。这种解决问题的方法称为成因分析法。成因分析法能够给出比较确切的成果。然而任一水文现象的形成过程都是极其复杂的，我们在对水文现象作成因分析时，一般只能考虑其主要影响因素，而忽略一些次要因素，且各种影响因素本身也存在随机性，因此，成因分析法有一定的局限性。近代水文学中的确定性水文模型，可以认为是成因分析法的发展。

### 3. 地区综合法

水文现象的变化在地区上的分布是有一定规律的。根据气候要素和地理要素的地区规律性，利用地区内各固定水文测站的长期观测记录，就可以按地区研究某些水文特征的定量分布。这些研究成果可以用等值线图或地区经验公式表示，这就是地区综合法。地区综合法是确定资料短缺地区水文特征值的主要方法。我国土地辽阔，还有许多河流缺乏研究，无实测资料，因而使用这种方法具有非常重大的意义。

以上几种方法在具体应用时，应从实际出发，根据地区特点和资料情况选择使用，并

应相辅相成，互为补充，才能较好地解决工程上的水文计算问题。

水利计算是在水文分析研究的基础上，提出水利工程规划设计和经济分析所必需的资料和数据。在规划设计各项水利措施时，需要对径流进行有效的控制和调节，而水量平衡法则是径流调节计算（水利计算）的基本方法和手段。调节计算时，必须搜集和整理足够的径流资料，推断未来的径流情况，作为水利计算的依据。根据预测未来径流所用的方法不同，水利计算方法可分为时历法和数理统计法两种类型。

时历法是假定未来时期河川径流的变化情况大致和过去一样，因而可用过去实测连续多年的径流系列作为未来的径流情况，以此为依据进行径流调节计算，规划各项水利工程。此法简单明了，使用方便，时历过程线又能反映径流变化的各种特性，调节计算时可考虑多种复杂情况，计算成果表达鲜明，因而使用较广。

数理统计法是认为河流多年径流的变化规律，可用历史资料得出的频率曲线和统计参数来体现，因而可以把它推广于未来的径流情况。通常径流的多年变化情况可用三个统计参数 $\bar{Q}$ 、 $C_v$ 、 $C_s$ 来表示，而径流的年内变化则可用实测典型年来概括。这样，有了径流的统计参数和典型的年内分配过程，就可以进行水利计算，为水利工程规划设计提供依据。此法概括性强，表达方式简单，计算成果便于相似流域的对比和综合分析。

在工程实践中，这两种方法是结合使用的。一般在流域规划或单项工程的方案比较阶段，多使用数理统计法；而在较为复杂的径流调节计算中，或水利参数选定后的水利计算中，则多应用长径流系列的时历法，并以此为根据验证与核定工程的各项水利指标。

## 第二章 设计年径流计算

### 第一节 水资源估算与评价简介

#### 一、水资源问题

水是人类生活和生产不可缺少的一项重要自然资源，是一切生物赖以生存的基本环境要素。人类一切改造自然、发展生产的经济活动，都离不开水。水能又是一种理想的再生能源。水资源的价值，有时难以用纯经济的观点来评价和衡量。世界上没有任何代用品能够满足人类对水资源的需求。因此，自古以来人们就不断地开发、利用、控制、管理和保护水资源。例如为了满足饮用、灌溉、工业、航运等的需要而兴建各种水利措施；为抵御洪水的威胁而采取各种除害措施。由于当时人口不多，生产和消费水平较低，水资源的供需矛盾不突出，人们的注意力大都集中在防御洪水方面。

随着社会经济的发展，人类对水资源的需求量越来越大，在一些地方开始出现供水紧张的局面。特别是近几十年来，人口剧增，生产和消费水平迅速提高，需水量急剧增加。据统计，本世纪70年代中期，全世界农业用水量增长了7倍，工业用水量增长了21倍，城市生活用水量增长了12倍。因此，不少国家先后发生水资源危机。与此同时，工业、农业、生活等各方面产生的废水、污水，大量地排放到各种水体之中，使水资源遭到严重污染，缩小了可用的水资源量，加剧了水的供需矛盾。因而，当前水资源问题已成为世界各国普遍关注的一个重要问题。有人甚至把水资源同能源、粮食并列为当今世界的三大难题。国外有的科学家也曾预言，将来地球上最严重的危机是水危机。

#### 二、水资源的含义

什么叫水资源，目前还没有一个很明确的定义。广义地说，自然界所有的以气态、固态和液态三种形式存在的水，统称为水资源。地球表面上的海洋、湖泊、河流和冰川等水体，岩石圈里的土壤水和地下水，生物圈中的生物水，以及大气圈中的大气水分，共同组成了地球的水圈。地球上水圈中水的储量十分巨大。据日本发表的资料，估计地球上水的总储量约为13.8亿公里<sup>3</sup>。这些水都可以直接或间接地被人类所利用。例如可以为农田引水灌溉，利用水能可以发电，各种水域是发展渔业的必要场所，利用水摩擦系数低的性质可以发展航运，各种工业部门则利用水的热容量、热传导等性质从事正常生产，等等，用途极为广泛。

但是，目前所说的水资源是一种狭义的概念，是指可供人们经常取用的，在一定时间内能够得到恢复和补充的淡水量，亦即大陆上由大气降水补给的各种地表、地下淡水水体的动态水量。全球淡水量仅占地球上总储水量的2.5%，约0.35亿公里<sup>3</sup>。

在天然水资源中，有一部分为静态水资源，如冰川、内陆湖泊等地表水体多年储蓄的水资源和历史年代储存的深层地下水资源等。这部分水资源更换很慢，水循环交替期长，

一旦被大量引用, 很难恢复, 通常称为不可恢复的水资源。另一部分为动态水资源, 如由大气降水形成的地表水和地下水。这部分水资源更换快, 交替期短, 称为可恢复的水资源。不可恢复的水资源能供开采利用的数量极其有限。例如深层地下水的交替期很长, 一般短的为20~30年, 长的可达10000年以上, 如大量开采, 很难在短期内恢复。我国华北部分平原地区, 由于盲目地大量开采深层地下水, 使地下水位平均下降7.8米, 出现很多漏斗, 漏斗水位下降最大的达50米, 引起极为不良的后果。所以在现阶段进行水资源评价时, 对于这种不可恢复的水体不作为水资源。

根据上述定义可知, 地球上狭义的水资源并不十分丰富。而全球0.35亿公里<sup>3</sup>的淡水中, 约有70.4%分布在南极和北极, 以冰盖和冰川等形式存在, 很难为人们利用。可恢复的动态水资源仅约47000公里<sup>3</sup>, 而且这些水资源中还有很大一部分目前无法利用。例如洪涝径流, 大量地排泄入海, 这部分水资源不能发挥应有的效益。但目前估算水资源时, 仍将它们计入在内, 因为在经过工程措施后, 就可以转化为可利用的水资源。

对一个地区或流域来说, 水资源就是大气降水。地表水资源、包气带水资源和地下水水资源是大气降水的三大组成部分。这三部分水资源中的地面径流、壤中流(合称地表径流)和地下径流构成了河川径流, 是该地区或流域水资源中的一个主要部分。

在径流形成过程中, 填注、截留、包气带储蓄水和地下储蓄水中, 有一部分是农作物生长所需水分的天然来源, 它不需要经过人类的经济活动就可以供农作物应用。虽然它将通过蒸散发回归到大气中, 但这种蒸发是有效的, 称为有效蒸发。另一部分, 农作物生长并不需要, 称为无效蒸发, 但它具有某种潜势, 可以在一定条件下转化为有效蒸发。因此, 蒸发的水量也应计入水资源之中。

### 三、水资源的估算

根据径流形成原理, 将下垫面分成地表、包气带和潜水带三层, 则天然条件下流域的水量平衡方程式可写成

$$P = R_s + R_g + E_s + E_g \pm \Delta S_s \pm \Delta S_{s,m} \pm \Delta S_g \pm u \quad (2-1)$$

式中  $P$ ——降水量;

$R_s$ ——地表径流量;

$R_g$ ——地下水排入河道的地下径流量;

$E_s$ ——陆面蒸发量, 包括地表、土壤和植物的蒸散发量;

$E_g$ ——潜水蒸发量;

$\Delta S_s$ ——地表水体蓄水变量;

$\Delta S_{s,m}$ ——土壤水分的变化量;

$\Delta S_g$ ——地下水储量的变化量;

$u$ ——地下不闭合时与外流域交换的地下潜流量。

对多年平均来说,  $\Delta S_s$ 、 $\Delta S_{s,m}$ 和 $\Delta S_g$ 都可作为零, 故上式变为

$$P = R_s + R_g + E_s + E_g \pm u \quad (2-2)$$

闭合流域的地下潜流量  $u$  为零, 故得

$$P = R_s + R_g + E_s + E_g \quad (2-3)$$

式(2-3)表示闭合流域在多年平均情况下,大气降水可转化为地表径流、地下径流、陆面蒸发和潜水蒸发等几项。这一水量平衡方程可用框图表示(图2-1)。在天然条件下,没有地下水开采,故图中该项用虚线表示。

式(2-3)中的地表径流和陆面蒸发为地表水资源,它们是降水对地表和土壤水的补给量;地下径流和潜水蒸发为地下水资源,它们是降水对地下水的补给量。因此,流域的总水资源 $R_{\text{总}}$ 为

$$R_{\text{总}} = R_g + E_g + R_q + E_q \quad (2-4)$$

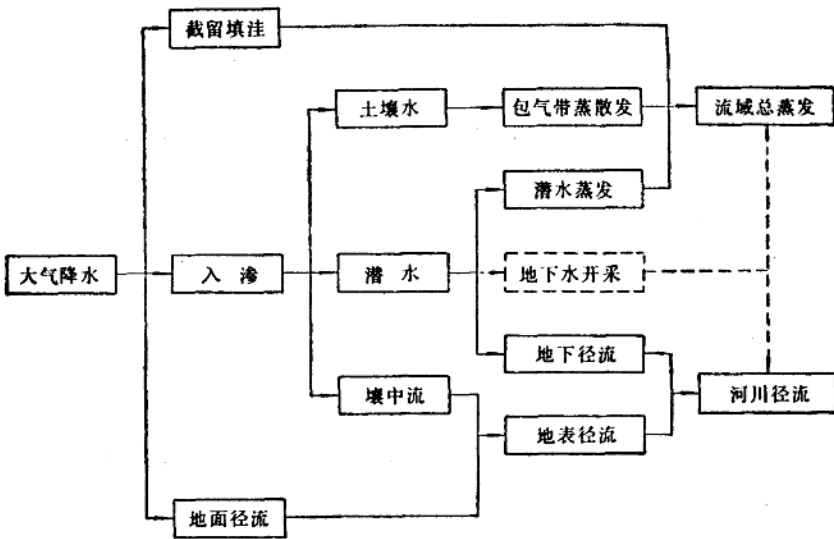


图 2-1 流域水量平衡框图

地表径流与地下径流之和,即为河川径流。陆面蒸发通常列入土壤水资源中另行研究,不计入现阶段估算的地表水资源中。因此,估算一个流域的总水资源时,可仅考虑河川径流和潜水蒸发两项。

在山丘区,土层较薄,河床切割深,河道坡度大,地下水大部分作水平方向运动,排入河道,潜水蒸发相对来说是很小的,可以忽略不计。这样,山丘区流域的总水资源可以用河川径流量来代表。

在平原地区,由于土层较厚,河床切割浅,河道坡度小,地下水主要以潜水蒸发形式向垂直方向运动,仅部分地下水由水平方向排入河道,故流域出口断面所测得的河川径流量不能代表总的水资源。其中的潜水蒸发应加考虑,不能略去。

为了求得水资源中各分项的数量,必须对有关各水文要素进行分析研究。其中最重要的是降水、蒸发和径流三个要素。对于降水和径流,要求提供年降水量和年径流量的统计参数(均值、变差系数、偏态系数)等值线图或分区图,以及它们的时程分配等成果;对蒸发,要求提供多年平均年水面蒸发量、年陆面蒸发量和干旱指数(年蒸发能力与年降水

量之比)的等值线图等成果。这些资料对水资源的开发利用和确定控制管理的技术经济指标用处很大。

水资源的估算包括地表水资源和地下水资源两个部分。以往,地表水资源和地下水资源分别由水利部门和地质部门进行估算,然后简单地迭加起来作为水资源的总量。这样的计算方法显然是不妥当的。因为水利部门估算地表水资源时,是将河川径流作为地表水资源的,在河川径流中,已包括地下水在水平方向运动中所形成的地下径流;而地质部门估算的地下水资源中也包括这部分水量,因而形成重复水量。所以在估算水资源总量时,应将这部分重复水量扣除。

#### 四、水资源的评价

水资源的开发对地区的生产发展和经济增长有着非常显著的影响。某个地区的经济发展规划制定时,水资源就成为实施该规划的重要问题之一。在土地资源和农业的开发方面,表现尤为突出。如今,人们已认识到,要开发一个地区,首先必须对这个地区的水资源和其它资源进行估算评价和作出开发利用的全面规划。水资源的估算评价是一桩复杂的工作。水资源这一复杂的系统,包括解决水的开发、利用、控制、分配、管理和重复利用等问题,构成了“水资源工程”这门新兴的学科。水资源评价是水资源工程中的一个部分。

水资源评价主要是提供如下一些成果:

- (1) 水资源的数量、质量及其时空分布和变化规律。
- (2) 现阶段各用水部门的用水量,以及各种水利工程可提供的水量。
- (3) 现阶段水资源的利用情况及存在问题,并为水资源的合理开发利用和控制管理提出切实可行的建议。
- (4) 通过对今后各阶段用水情况的预测,以及供需平衡分析,论证国民经济发展规划的可行性,或者为保证规划的实现提供合理开发利用水资源的措施方案。

水资源的评价是对某个地区如省、市、县或流域等一定范围进行的。在一个地区内,水资源的时空分布不均匀,用水部门很多,它们对水资源的利用是多种多样的,加上实际资料数据异常缺乏,使水资源的评价工作非常困难。目前各地正在研究探索和不断完善中。

#### 五、我国水资源调查评价工作

我国的水资源调查评价工作是在1979年召开的“全国农业自然资源调查和农业区划会议”中开始提出的。过去结合水利建设进行过的水资源调查评价工作,深度和广度都有限。1979年开始的调查评价工作是全面调查陆地各种水体(江河、湖泊、水库、冰川、地下含水层等),综合评价地表水和地下水,同时研究水量和水质,是既要查明资源情况,又要调查开发利用现状,研究供需平衡和合理利用,不仅为水利建设服务,还为农业区划和国家建设中有关水资源问题的决策提供科学依据。

通过近年来的水资源调查评价工作,取得了如下初步成果:

- (1) 水资源(地表水、地下水)的数量及其时空分布特征。
- (2) 水质污染现状。

(3) 水资源开发利用现状。

(4) 水资源供需关系的分析和预测等。

全国水资源调查评价的初步成果表明, 全国多年平均年降水量约60000亿米<sup>3</sup>, 折合年降水深约630毫米; 全国多年平均河川年径流量约26500亿米<sup>3</sup>, 折合年径流深约280毫米; 全国地下水总补给量约8000亿米<sup>3</sup>; 河川径流量加上地下水补给量扣除重复的地下径流量, 得到初步估算的全国水资源总量约为27400亿米<sup>3</sup>。水资源包括水量、水质和水能(水力资源)三个方面。全国可开发的水力资源约3.78亿千瓦, 居世界第一位。我国的河川径流量按人口平均计算, 只有世界人均占有量的四分之一; 我国耕地每亩平均占有水量只有世界每亩平均占有水量的一半左右, 均低于多数国家。所以我国的水资源不能说是丰富的。

我国水资源的一个突出问题是地区分布不均, 水土资源组合不平衡。全国45%的地区处在年降水量少于400毫米的干旱少水地带。全国内陆河水系面积占全国的35%, 但河川径流量只占全国的4.2%。长江流域和长江以南河川径流量占全国的82%, 但耕地面积只占全国的36%; 黄、淮、海流域耕地面积占全国的40%, 而径流量却只占全国的6.6%。可见南北水土资源分布极不平衡。

我国水资源的另一个问题是水量年内分配不均, 年际变化很大, 而且有连续枯水年和连续丰水年的现象。这就使得我国可用水资源的数量大大少于天然水资源, 也是造成我国旱灾频繁出现和农业生产不能稳定的主要原因。

建国以来, 全国兴建了大量水利水电工程, 在防洪、除涝、灌溉、发电、航运、供水等方面发挥了巨大作用, 为国民经济各部门提供了大量可利用的淡水资源。初步估计1978年全国农业、城市工业及其它用水的总量约4770亿米<sup>3</sup>(其中农业用水4200亿米<sup>3</sup>, 占总用水量的88%), 约占全国水资源总量的17.4%。全国已开发的水电装机容量约2100万千瓦, 约为可开发水力资源的5.6%。可见开发利用的程度还是较低的。

当前我国水资源开发利用中存在的主要问题是: 不少地区防洪、除涝的标准较低, 不少农田经常受灾, 洪、涝、旱灾仍为我国农业增产的主要障碍; 城市用水增长很快, 不少城市供水紧张, 供需矛盾日益突出; 另一方面又存在用水缺乏制度, 定额偏高的严重浪费现象; 水源污染日趋严重, 全国主要江、河、湖、库已受到不同程度的污染, 水资源的管理和保护工作亟待加强。

我国水资源的上述特点和开发利用现状, 决定了在我国社会主义四化建设中水利水电建设所占的重要地位。必须兴建各种水利水电工程, 整治江河, 消除水灾, 保护水源, 调节水资源的时空分配, 满足国民经济各部门对水的需求, 促进整个国民经济的发展。深入研究年径流的地区分布, 年径流的年内、年际变化规律, 既是水资源估算与评价工作的重要内容, 也可为各类水利水电工程的规划设计提供基本数据。

## 第二节 年径流分析计算的任务

### 一、年径流量的变化特性

在一个年度内, 通过河流某一断面的水量, 称为该断面以上流域的年径流量。年径流



量的多年平均值，称为多年平均年径流量或正常径流量，它是反映河川水资源蕴藏量的一个重要水文特征值。为了合理开发利用水资源，必须首先掌握年径流量变化的一些特性，即径流的年际变化特性和年内变化特性。

年径流量一般是由汛期与枯季水量所构成。在我国大体上每年夏秋为汛期，冬春为枯季。但同一流域各年汛期、枯季的起迄日期和历时长短并不相同，汛期、枯季径流量占年径流量的比例各年也不相同。年径流量的这种变化称为年内变化。

年径流量在各年之间有丰枯的差别。年平均流量接近于多年平均流量的年份称为平水年，较多年平均流量为大的年份称为丰水年，较多年平均流量为小的年份称为枯水年。分析我国一些主要河流的实测资料可知，最丰水年年径流量可达平水年的2~3倍，最枯水年年径流量则仅为平水年的十分之一、二。此外，年径流量在多年变化中有时还有丰水年组和枯水年组交替出现的现象。例如松花江哈尔滨站曾出现过连续13年（1916~1928年）的枯水年组和连续7年（1960~1966年）的丰水年组。年径流量的这些变化称为年际变化。

## 二、年径流分析计算的任务

上述年径流量的变化情势往往与用水部门的需求有矛盾。为了在供水时间、供水数量和供水高程上都能满足用水部门的要求，必须兴建一些水利工程，如水库、闸坝、抽水站等，对天然径流加以人工调节。显然，这些水利工程的规模是由来、用水矛盾的大小和要求达到供水保证程度的高低来决定的。

不同的年份，来水与用水可能有各种不同的组合情况，各年所需工程规模的大小也就不同。就以灌溉为主的水库来说，在丰水年份，河流中水量丰富，来水较多，而作物由于降水量多，要求灌溉的水量较少，来水与用水的矛盾不突出。对于这种丰水年份，所需的水库库容就可以小些。相反，在枯水年份，河流中水量较少，而作物由于降水量少，气温高，蒸发大，耗水量多，要求的灌溉水量较大，来水与用水的矛盾就很突出。对于这种枯水年份，所需的水库库容就要大得多。另外，在同样的干旱年份，即使来水量相同，但由于径流年内各月分配不同，对所需库容的大小也有影响。一般说来，径流年内分配不均匀，所需的水库库容也就愈大。

各年的来水与用水既不相同，所需的水库库容也就大小不一。那末，设计水库时应该采用什么样的库容值呢？库容选大些，灌溉用水的保证程度就高些，但投资要多；相反，库容选小些，灌溉用水的保证程度就低些，但投资就少。这里就牵涉到一个设计标准问题，也就是设计保证率问题。

设计保证率是指多年期间用水部门能够按照规定保持正常工作不受破坏的保证程度。由于河川径流的年际变化，若特殊枯水年也要保证各兴利部门的正常用水，则需修建很大的水库或其它水利设施，这在技术上可能有困难，在经济上也不一定合理。因此，一般并不要求在全年运行时期都保证正常用水，而允许在特殊干旱年有一定程度的断水或减少供水。设计保证率通常以多年期间正常工作年数占运行总年数的百分比表示。

在一般情况下，设计保证率可根据有关规范，按工程规模、服务对象的重要性和中断供水造成的损失大小，再结合当地自然地理情况 and 经济条件合理确定。各项工程的规模主